



#3



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 199 60 823.7

**Anmeldetag:** 16. Dezember 1999

**Anmelder/Inhaber:** Wacker Siltronic Gesellschaft für Halbleitermaterialien AG, Burghausen/DE

**Bezeichnung:** Epitaxierte Halbleiterscheibe und Verfahren zu ihrer Herstellung

**IPC:** C 30 B, H 01 L

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 26. September 2000  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Dzierzon

## Epitaxierte Halbleiterscheibe und Verfahren zu ihrer Herstellung

Die Erfindung betrifft eine Halbleiterscheibe mit einer epitak-  
5 tischen Beschichtung auf einer Vorderseite, die über eine redu-  
zierte Anzahl von Lichtstreucentren auf der Epitaxieschicht  
verfügt, und ein kostengünstiges Verfahren zu ihrer Herstel-  
lung. Derartige Halbleiterscheiben eignen sich für die Verwen-  
dung in der Halbleiterindustrie, insbesondere zur Fabrikation  
10 von elektronischen Bauelementen mit Linienbreiten gleich oder  
kleiner  $0,18 \mu\text{m}$ .

Eine Halbleiterscheibe, die insbesondere zur Fabrikation von  
elektronischen Bauelementen mit Linienbreiten gleich oder klei-  
15 ner  $0,18 \mu\text{m}$  geeignet sein soll, muß eine Vielzahl besonderer  
Eigenschaften aufweisen. Zwei besonders wichtige Eigenschaften  
von Halbleiterscheiben sind die Anzahl von Lichtstreucentren  
(localized light scatterers, LLS) und die Rauhmigkeit (Haze) auf  
der Oberfläche, auf welcher Halbleiter-Bauelemente erzeugt wer-  
20 den sollen; in einer gewissen Anzahl und Größe können LLS zum  
Ausfall der Bauelemente führen.

Einkristalline Halbleiterscheiben mit einer einkristallin auf-  
gewachsenen Schicht derselben Kristallorientierung, einer so ge-  
nannten Epitaxie- oder epitaktisch aufgewachsenen Schicht, auf  
welcher Halbleiter-Bauelemente aufgebracht werden, beispiels-  
weise eine Siliciumscheibe mit einer Siliciumschicht, weisen  
gegenüber Halbleiterscheiben aus einem homogenen Material ge-  
wisse Vorteile auf. In erster Linie ist dabei das sogenannte  
30 Latch-up-Problem zu nennen, das beispielsweise in CMOS-Schalt-  
kreisen auf homogenem Material auftreten und zu Spannungen in  
den Transistoren führen kann, die eine Ladungsumkehr ermögli-  
chen und einen Kurzschluß des betreffenden Bauelementes bewir-  
ken können. Dem Fachmann ist bekannt, daß dieses Latch-up-Pro-  
35 blem effektiv durch den Einsatz einer epitaxierten Halbleiter-  
scheibe aus einer hochdotierten Substratscheibe (niedriger  
elektrischer Widerstand) und einer niedrig dotierten Epi-  
taxieschicht (hoher Widerstand) verhindert werden kann, was

gleichzeitig eine erwünschte Getterwirkung des Substrates bewirkt und außerdem den Flächenverbrauch des Bauelementes senkt. Darüber hinaus weisen epitaxiierte Oberflächen eine im Vergleich mit polierten Halbleiterscheiben niedrigere

5 Defektdichte, ausgedrückt als LLS, die beispielsweise sogenannte COPs (crystal-originated particles) sein können, auf, was in der Regel zu einer höheren Ausbeute an intakten Halbleiterbauelementen führt. Weiterhin besitzen Epitaxieschichten keinen nennenswerten Sauerstoffgehalt, womit  
10 das Risiko von potentiell schaltkreiszerstörenden Sauerstoffpräzipitaten in bauelementerelevanten Bereichen ausgeschlossen ist.

Nach dem Stand der Technik werden epitaxiierte Halbleiterschei-  
15 ben aus geeigneten Vorprodukten durch die Prozeßfolge Abtragspolieren - Endpolieren - Reinigen - Epitaxie hergestellt, wobei die Oberflächenrauigkeit nach dem Abtragspolieren, gemessen mit dem Atomic-Force-Microscope-Verfahren (AFM) in einem Bereich von 1  $\mu\text{m}$  mal 1  $\mu\text{m}$ , je nach Prozeßführung etwa 0,5 bis 3  
20 nm RMS (root-mean-square) und nach dem Endpolieren etwa 0,05 bis 0,2 nm RMS beträgt. Ebenfalls bekannt sind drei- oder vierstufige Polierprozesse, bei denen die Rauigkeit sukzessive abgesenkt wird. In der Patentanmeldung EP 684 634 A2 ist eine Vor-gehensvariante beschrieben, bei welcher im  
Abtragspolierschritt nacheinander zwei verschiedene Poliersole unterschiedlicher Körnung zugeführt werden, bevor die Halbleiterscheiben einem Endpoliturschritt unterzogen werden. Nachteil mehrstufiger Polierverfahren ist, daß mit jedem zusätzlichen Schritt die Herstellkosten der Halbleiterscheiben ansteigen.

30

In der Patentanmeldung EP 711 854 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung einer epitaxiierten Scheibe beschrieben, indem eine gesägt-geläppt-geätzte Siliciumscheibe abtragspoliert wird, wobei  
35 sich eine Oberflächenrauigkeit von 0,3 bis 1,2 nm RMS (AFM, 1  $\mu\text{m}$  mal 1  $\mu\text{m}$ ) einstellt, und zur Kostensenkung ohne Durchführung eines glättenden Endpolierschrittes eine epitaktische Siliciumschicht abgeschieden wird. Zwar ist die so hergestellte Epitaxieschicht einer unter vorheriger Anwendung eines Endpolier-

schritten konventionell hergestellten Epitaxieschicht in ihren elektrischen Eigenschaften vergleichbar, jedoch führt der durch die relativ hohe Ausgangsrauhigkeit verursachte Anstieg an Lichtstreucentren auf der epitaxierten Oberfläche potentiell zum vermehrten Ausfall von auf diesen Scheiben hergestellten Bauelementen.

Es war daher die Aufgabe gestellt, eine epitaxierte Halbleiterscheibe bereitzustellen, die zur Fabrikation von elektronischen Bauelementen mit Linienbreiten gleich oder kleiner  $0,18 \mu\text{m}$  geeignet ist und die erwähnten Nachteile hinsichtlich der Anzahl an Lichtstreucentren auf der epitaxierten Oberfläche nicht aufweist, und die durch ein kostengünstiges Herstellungsverfahren zugänglich ist. Ferner sollten die weiteren Eigenschaften der epitaxierten Halbleiterscheibe mindestens genau so gut sein wie die von nach dem Stand der Technik hergestellten epitaxierten Halbleiterscheiben.

Gegenstand der Erfindung ist eine Halbleiterscheibe mit einer Vorderseite und einer Rückseite und einer auf der Vorderseite abgeschiedenen epitaktischen Schicht aus halbleitendem Material die dadurch gekennzeichnet ist, daß die Oberfläche der epitaktischen Schicht eine maximale Dichte von  $0,14$  Streulichtzentren pro  $\text{cm}^2$  mit einem Streuquerschnitt von größer oder gleich  $0,12 \mu\text{m}$  aufweist, und die Vorderseite der Halbleiterscheibe vor dem Abscheiden der epitaktischen Schicht eine Oberflächenrauhigkeit von  $0,05$  bis  $0,29 \text{ RMS}$ , gemessen durch AFM auf einer  $1 \mu\text{m}$  mal  $1 \mu\text{m}$  großen Referenzfläche besitzt.

Gegenstand der Erfindung ist ferner ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterscheibe mit einer Vorderseite und einer Rückseite und einer auf der Vorderseite abgeschiedenen epitaktischen Schicht aus halbleitendem Material, das folgende Prozeßschritte umfaßt:

- (a) als einzigen Polierschritt einen Abtragspolierschritt;
- (b) Reinigen und Trocknen der Halbleiterscheibe;

(c) Vorbehandeln der Vorderseite der Halbleiterscheibe bei einer Temperatur von 950 bis 1250 Grad Celsius in einem Epitaxireaktor; und

(d) Abscheiden einer epitaktischen Schicht auf der Vorderseite  
5 der vorbehandelten Halbleiterscheibe.

Durch die Kombination der Verfahrensschritte (a) bis (c) wird die Oberfläche der Vorderseite der Halbleiterscheibe so konditioniert, daß die Qualität der nachfolgend aufwachsenden  
10 epitaktischen Schicht hinsichtlich der maximalen Anzahl von Lichtstreucentren auf der Oberfläche der Schicht mindestens den Anforderungen des Stands der Technik entspricht. Die Kosten einer gemäß der Verfahrensschritte (a) bis (d) hergestellten Halbleiterscheibe sind jedoch geringer als die einer  
15 vergleichbaren, nach dem Stand der Technik hergestellten Halbleiterscheibe.

Gemäß Schritt (c) des Verfahrens wird eine Halbleiterscheibe, die lediglich einer Abtragspolitur unterzogen wurde, in einem  
20 Epitaxireaktor derart vorbehandelt, daß in einem ersten Schritt natürliches Oxid (native Oxide) von der Vorderseite der Halbleiterscheibe entfernt wird, indem die Halbleiterscheibe einer Wasserstoffatmosphäre ausgesetzt wird. In einem zweiten Schritt wird die Oberflächenrauhigkeit der Vorderseite der Halbleiterscheibe reduziert, indem gasförmiges HCl in die Wasserstoffatmosphäre eingeleitet wird. Die derartig  
vorbehandelte Halbleiterscheibe erhält in Schritt (d) des Verfahrens eine epitaktische Schicht, die Dank der  
vorangegangenen Verfahrensschritte hinsichtlich der Rauigkeit  
30 der epitaxierten Oberfläche und der Anzahl von Lichtstreucentren mindestens dem Stand der Technik entspricht, das heißt, Charakteristika von vergleichbaren Halbleiterscheiben aufweist, deren Herstellung jedoch eine Abtragspolitur und eine Endpolitur (finishing) umfaßt.

35

Die Behandlung einer Halbleiterscheibe in einer HCl/H<sub>2</sub>-Atmosphäre wurde in einem anderen Zusammenhang bereits beschrieben (H.M.Liaw und J.W.Rose in: Epitaxial Silicon

Technology, Academic Press Inc., Orlando Florida 1986, Seiten 71-73).

Im vorgeschlagenen Verfahren bewirkt die gemäß Schritt (c) erfolgende Zugabe einer geringen Menge von gasförmigem HCl zur Wasserstoffatmosphäre eine deutliche Glättung der nur abtragspolierten Oberfläche der Halbleiterscheibe. Es wird vermutet, daß Silicium in Folge der nur geringen Zugabe von HCl nicht nur durch beginnende Ätze abgetragen wird, sondern auch eine Wiederabscheidung flüchtiger Chlorsilane und eine Rekristallisation von Silicium an der Oberfläche stattfindet. Dabei wird Silicium von Stellen hoher Reaktivität zu energetisch günstigeren Stellen bewegt, und die deutliche Reduzierung der Rauigkeit der Oberfläche bewirkt. In Gegenwart einer höheren HCl-Konzentration wird dieser Effekt durch den substanziellen Abtrag von Silicium durch Anätzen und die damit verbundene Aufrauung der Oberfläche nicht mehr beobachtet.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann prinzipiell zur Herstellung eines scheibenförmigen Körpers eingesetzt werden, der aus einem Material besteht, welches mit dem eingesetzten chemo-mechanischen Einseiten- oder Doppelseiten-Polierverfahren bearbeitet und epitaxiert werden kann. Silicium in einkristalliner Form mit einer Kristallorientierung (100), (110) oder (111), beispielsweise kristallisiert durch einen Czochralski- oder einen Zonenziehprozeß, ist bevorzugt. Das Silicium enthält dabei eine gewisse Menge an Dotierstoff, wobei man zwischen Dotierstoffen aus der 3. Hauptgruppe des Periodensystems der Elemente, beispielsweise Bor, die zu Material vom p-Typ führen, und Elementen der 5. Hauptgruppe, beispielsweise Phosphor, Arsen oder Antimon, die zu Material vom n-Typ führen, unterscheidet. Silicium oder Silicium/Germanium ist als Material für die epitaktische Beschichtung bevorzugt. Die epitaktische unterscheidet sich in der Regel durch ihren Dotierstoffgehalt in ihren elektrischen Eigenschaften von denen der Halbleiterscheibe. Dies ist jedoch nicht zwingend erforderlich. So ist es auch möglich, eine Epitaxieschicht ohne jeglichen Dotierstoffgehalt aufwachsen zu lassen. Im Rahmen der Erfindung

sind Siliciumscheiben mit einer epitaktischen Beschichtung aus Silicium besonders bevorzugt, wobei Siliciumscheibe und Epitaxieschicht entweder beide vom p-Typ oder beide vom n-Typ sind.

5

Das Verfahren eignet sich besonders zur Herstellung von Siliciumscheiben mit Durchmessern von insbesondere 200 mm, 300 mm, 400 mm und 450 mm und Dicken von wenigen 100  $\mu\text{m}$  bis einigen cm, bevorzugt von 400  $\mu\text{m}$  bis 1200  $\mu\text{m}$ . Die epitaxiierten Halbleiterscheiben können entweder direkt als Ausgangsmaterial für die Herstellung von Halbleiterbauelementen eingesetzt werden oder nach Aufbringen von Rückseitenversiegelungen oder weiterer Behandlung der Rückseite durch Schleifen, Ätzen, Polieren etc. jeweils nach dem Stand der Technik ihrem Bestimmungszweck zugeführt werden. Neben der Herstellung von Scheiben aus einem homogenen Material kann die Erfindung natürlich auch zur Herstellung von mehrschichtig aufgebauten Halbleitersubstraten wie SOI-Scheiben (silicon-on-insulator) und sogenannten "bonded wafers" eingesetzt werden, obwohl hierbei der Kostenvorteil verloren gehen kann.

Die weitere Beschreibung des Verfahrens erfolgt am Beispiel der Herstellung einer Siliciumscheibe mit einer epitaktischen Beschichtung der Vorderseite mit Silicium.

Prinzipiell ist es möglich, eine beispielsweise durch ein Innenloch- oder Drahtsägeverfahren gesägte Siliciumscheibe direkt dem erfindungsgemäßen Prozeß zu unterziehen. Es ist jedoch sinnvoll und daher bevorzugt, die scharf begrenzte und daher mechanisch sehr empfindliche Scheibenkante mit Hilfe einer geeignet profilierten Schleifscheibe zu verrunden. Weiterhin ist es zwecks Verbesserung der Geometrie und teilweisem Abtrag der zerstörten Kristallschichten möglich, die Siliciumscheibe einem mechanischen Abtragsschritt wie Läppen oder Schleifen zu unterziehen, um den Materialabtrag im Polierschritt zu reduzieren. Bevorzugt ist, die Siliciumscheibe einem Oberflächen-Schleifschritt zu unterziehen, wobei entweder eine Seite geschliffen wird oder beide Seiten sequentiell oder beide Seiten

gleichzeitig geschliffen werden. Zum Entfernen des in den mechanischen Prozeßschritten zwangsläufig erzeugten Damage der Scheibenoberfläche und -kante und zum Entfernen von gegebenenfalls vorhandenen Verunreinigungen kann an dieser Stelle ein

5 Ätzschritt folgen. Dieser Ätzschritt kann entweder als naßchemische Behandlung der Siliciumscheibe in einer alkalischen oder sauren Ätzmischung oder als Plasmabehandlung ausgeführt werden. Ein saurer Ätzschritt mit einer Mischung aus konzentrierter wäßriger Salpetersäure und konzentrierter wäßriger Flußsäure,

10 beispielsweise die in der deutschen Patentanmeldung mit der Anmeldenummer 198 33 257.2 beanspruchte Ausführungsform, ist bevorzugt.

Ein besonders bevorzugtes Ausgangsmaterial für die erfindungsgemäße Prozeßfolge sind Halbleiterscheiben aus Silicium mit

15 einem Durchmesser von gleich oder größer 200 mm, hergestellt durch Sägen eines Silicium-Einkristalls, gefolgt von Kantenverrunden, sequentiellm Oberflächenschleifen beider Scheibenseiten unter Abtrag von 10  $\mu\text{m}$  bis 100  $\mu\text{m}$  Silicium pro Seite und

20 naßchemischem Ätzen in einer sauren Ätzmischung unter Abtrag von 5  $\mu\text{m}$  bis 50  $\mu\text{m}$  Silicium pro Scheibenseite.

Schritt (a) der erfindungsgemäßen Prozeßfolge:

Zur Herstellung der erfindungsgemäßen epitaxiierten Halbleiterscheiben werden die Scheiben lediglich einer Abtragspolitur unterzogen, wobei die Politur entweder auf beiden Seiten gleichzeitig oder nur auf einer Seite der Scheibe durchgeführt wird. Ein geeigneter Polierprozeß für zweiseitig polierte

30 Scheiben ist beispielsweise in der Patentanmeldung mit der Anmeldenummer 199 05 737.0 beschrieben.

Schritt (b) der erfindungsgemäßen Prozeßfolge:

35 Nach dem Polierschritt (a) werden die Siliciumscheiben von der Poliermaschine entfernt und einer Reinigung und Trocknung nach dem Stand der Technik unterzogen. Die Reinigung kann entweder als Batchverfahren unter gleichzeitiger Reinigung einer Viel-

zahl von Scheiben in Bädern oder mit Sprühverfahren oder auch als Einzelscheibenprozeß ausgeführt werden.

Schritt (c) der erfindungsgemäßen Prozeßfolge:

5

Die gemäß der Schritte (a) und (b) behandelten Siliciumscheiben werden nun in einem Reaktor, der auch zur nachfolgenden epitaktischen Abscheidung einer Siliciumschicht benutzt wird, einer Vorbehandlung unterzogen, bei der zunächst das natürliche Oxid (native Oxide) von der Oberfläche entfernt und danach die nach der Abtragspolitur noch vorhandene Oberflächenrauigkeit deutlich reduziert wird. Das Entfernen des Oxids erfolgt in einer reinen Wasserstoffatmosphäre in einem Temperaturbereich von 950 bis 1200 Grad Celsius, wobei ein Temperaturbereich von 1100 bis 1150 Grad bevorzugt ist. Der Wasserstofffluß liegt in einem Bereich von 1 bis 100 SLM, bevorzugt 50 SLM. Die Reduzierung der Oberflächenrauigkeit erfolgt durch Zugabe von gasförmigem HCl in die Wasserstoffatmosphäre bei einer Temperatur von 950 bis 1200 Grad Celsius, bevorzugt 1100 bis 1180 Grad Celsius, besonders bevorzugt 1140 Grad Celsius. Dabei wird die Konzentration des gasförmigen HCl so gering gehalten, daß die Ätzrate in einem Bereich von 0,01  $\mu\text{m}$  / min bis 0,1  $\mu\text{m}/\text{min}$  liegt, wobei der Ätzabtrag in einem Bereich von 0,01 bis 0,2  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise von 0,01 bis unter 0,1  $\mu\text{m}$  liegt.

Schritt (d) der erfindungsgemäßen Prozeßfolge:

Die gemäß der Schritte (a) bis (c) behandelten Siliciumscheiben werden nach einem Standardverfahren mit einer epitaktischen Siliciumschicht mindestens auf der Vorderseite versehen. Dies geschieht bevorzugt nach dem CVD-Verfahren (chemical vapor deposition), indem Silane, beispielsweise Silan ( $\text{SiH}_4$ ), Dichlorsilan ( $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$ ), Trichlorsilan ( $\text{SiHCl}_3$ ) oder Tetrachlorsilan ( $\text{SiCl}_4$ ) zur Scheibenoberfläche geführt werden, sich dort bei Temperaturen von 600 °C bis 1250 °C zu elementarem Silicium und flüchtigen Nebenprodukten zersetzen und eine epitaktische, das heißt einkristalline, kristallographisch an der Halbleiterscheibe orientiert aufgewachsene

Siliciumschicht bilden. Bevorzugt werden Siliciumschichten mit einer Dicke von  $0,3\mu\text{m}$  bis  $10\mu\text{m}$ . Die Epitaxieschicht kann undotiert oder gezielt beispielsweise mit Bor, Phosphor, Arsen oder Antimon dotiert sein, um den Leitungstyp und die  
5 gewünschte Leitfähigkeit einzustellen.

Nach Durchführung der epitaktischen Beschichtung mindestens der Vorderseite der Halbleiterscheibe mit vorzugsweise Silicium liegt eine erfindungsgemäße Halbleiterscheibe vor, die eine  
10 hydrophobe Oberfläche besitzt und in dieser Form einer Weiterverarbeitung zur Herstellung integrierter Bauelemente zugeführt werden kann. Es ist jedoch möglich, wenn auch im Rahmen der Erfindung nicht zwingend notwendig, die Scheibenoberfläche zum Schutz vor Kontaminationen zu  
15 hydrophilieren, das heißt, sie mit einer dünnen Oxidschicht zu überziehen, beispielsweise einer Oxidschicht einer Dicke von etwa 1 nm, die dem Fachmann als "native oxide" bekannt ist. Dies kann prinzipiell auf zwei verschiedene Arten geschehen: Zum einen kann die Oberfläche der epitaxierten Halb-  
20 leiterscheibe mit einem oxidativ wirkenden Gas, beispielsweise Ozon, behandelt werden, was in der Epitaxiekammer selbst oder in einer separaten Anlage durchgeführt werden kann. Zum anderen ist eine Hydrophilierung in einer Badanlage mit einer Badsequenz vom RCA-Typ, gefolgt von einer Trocknung der Scheiben, möglich.

Nach Durchführung der erfindungsgemäßen Prozeßsequenz (a) bis (d) liegen mindestens auf der Vorderseite epitaxierte Halbleiterscheiben mit einer schleierfreien Oberfläche vor, die vor  
30 ihrer weiteren Weiterverarbeitung zur Herstellung von Halbleiter-Bauelementen einer Charakterisierung ihrer Eigenschaften zugeführt werden können. Messungen mit einem auf Laserbasis arbeitenden optischen Oberflächeninspektionsgerät zeigen eine maximale Dichte von 0,14 Streulichtzentren pro  $\text{cm}^2$  epitaxierter  
35 Scheibenoberfläche und eine Oberflächenrauhigkeit (Haze) von weniger als 0,2 ppm an.

Falls notwendig, kann an einer geeigneten Stelle der Prozeßkette eine Laserbeschriftung zur Scheibenidentifizierung und/oder ein Kantenpolierschritt eingefügt werden, zum Beispiel vor oder nach dem Schleifen im Falle der Lasermarkierung sowie vor, 5 im oder nach der Doppelseitenpolitur im Falle des Kantenpolierens. Eine Reihe weiterer, für bestimmte Produkte erforderliche Prozeßschritte wie beispielsweise die Aufbringung von Rückseitenbeschichtungen aus Polysilicium, Siliciumdioxid und/oder Siliciumnitrid läßt sich ebenfalls nach dem Fachmann bekannten 10 Verfahren an den geeigneten Stellen in die Prozeßkette einbauen. Es kann darüber hinaus auch zweckmäßig sein, die Halbleiterscheibe vor oder nach einzelnen Prozeßschritten einer Batch- oder Einzelscheibenreinigung nach dem Stand der Technik zu unterziehen.

15 Hinsichtlich der weiteren üblicherweise zur Scheibencharakterisierung herangezogenen, dem Fachmann wohlbekannten Parameter wie beispielsweise Metallkontamination der Scheibenoberfläche und Minoritätsladungsträger-Lebensdauer sowie nanotopologische 20 Eigenschaften weist eine erfindungsgemäß hergestellte epitaxiierte Halbleiterscheibe keine Nachteile gegenüber einer epitaxiierten Halbleiterscheibe auf, die nach dem Stand der Technik unter Anwendung eines Endpolierschrittes vor der Abscheidung der Epitaxieschicht hergestellt wird.

Eine erfindungsgemäß hergestellte epitaxiierte Halbleiterscheibe, insbesondere eine Siliciumscheibe mit einer epitaktischen Siliciumbeschichtung, erfüllt die Anforderungen für die Herstellung von Halbleiterbauelementen mit Linienbreiten gleich 30 oder kleiner  $0,18 \mu\text{m}$ . Das erfindungsgemäße Verfahren hat sich als optimale Lösung zur Herstellung von epitaxiierten Siliciumscheiben mit den geschilderten Merkmalen erwiesen. An das Ausgangsprodukt werden minimale Geometrieanforderungen gestellt, was die Anforderungen an die Vorprozesse reduziert. Die im 35 beidseitigem Polieren erzielte gute Geometrie tritt schon nach relativ geringen Materialabträgen und durch die erhöhte Prozeßsicherheit, gepaart mit einem verringerten Bruchrisiko, in sehr hohen Ausbeuten auf, ohne daß kostenintensive Schritte zur

lokalen Geometriekorrektur beispielsweise durch Plasmaätzen notwendig sind, und bleibt durch die entfallende Notwendigkeit der Durchführung eines Endpolierschrittes auch am erfindungsgemäßen Endprodukt voll erhalten.

5

Alle im folgenden aufgeführten Beispiele und Vergleichsbeispiele betreffen die Herstellung von Siliciumscheiben mit einem Durchmesser von  $(300 \pm 0,2)$  mm, einem Sauerstoffgehalt von  $(6 \pm 1) \cdot 10^{17}$  Atomen/cm<sup>3</sup> und einer Bor-Dotierung, die zu einem Widerstand im Bereich von 5 bis 20 mΩ·cm führt, und die eine epitaktische Siliciumschicht auf der Vorderseite mit einer Bor-Dotierung, die zu einem Widerstand im Bereich von 1 bis 10 Ω·cm führt, besitzen.

10

#### 15 Beispiel

Für dieses Beispiel standen 300-mm-Siliciumscheiben mit doppelseitig polierter Oberfläche, die entsprechend den Schritt (a) und (b) poliert und gereinigt worden waren, zur Verfügung. Die Rauigkeit der vorgepolierten Scheibe betrug 0,7 nm RMS (AFM, 1 μm mal 1 μm)

20

Schritt (c): Die Vorderseite der Halbleiterscheiben wurden nun vor der epitaktischen Beschichtung in dem Epitaxiereaktor einer Vorbehandlung unterzogen, die zum Ziel hatte, in einem ersten Schritt das natürliche Oxid auf der Vorderseite zu entfernen und in einem zweiten Schritt die Rauigkeit auf der Oberfläche drastisch zu verringern, so daß nach epitaktischer Beschichtung eine Halbleiterscheibe mit deutlich verbesserten Eigenschaften hinsichtlich Oberflächenrauigkeit und Anzahl der Lichtstreuungszentren zur Verfügung steht. Dies wurde dadurch erreicht, daß zunächst das natürliche Oxid in einer Wasserstoffatmosphäre bei 1120 Grad Celsius für eine Minute entfernt wurde. Danach wurde für eine Minute bei einer Temperatur von 1140 Grad Celsius der Wasserstoffatmosphäre gasförmiges HCl zugesetzt mit dem Ziel, die noch vorhandenen Rauigkeit auf der Vorderseite deutlich zu reduzieren. Die Ätzrate betrug dabei weniger als 0,04 μm / min, der Ätzabtrag 0,04 μm. Nach dieser erfindungsgemäßen Vorbehand-

30

35

lung wiesen die Scheiben eine Oberflächenrauigkeit von etwa 0,17 nm RMS (AFM, 1  $\mu$ m mal 1  $\mu$ m) auf.

- Schritt (d): Die entsprechend dem Schritt (c) vorbehaltenen Halbleiterscheiben wurden dann entsprechend dem Stand der Technik in dem Epitaxireaktor auf der Vorderseite mit einer epitaktisch aufgewachsenen Siliciumschicht versehen, wobei als Siliciumkomponente  $\text{SiHCl}_3$  zum Einsatz kam und der Widerstand durch Dotierung mit Diboran,  $\text{B}_2\text{H}_6$ , eingestellt wurde. Bei einer Reaktorkammertemperatur von 1140 °C wurde bei einer Abscheiderate von 3  $\mu$ m/min eine Schicht der Dicke 3,2  $\mu$ m abgeschieden.

#### Charakterisierung der epitaxiierten Siliciumscheiben:

- Die mit Silicium auf der Vorderseite epitaxiierten Siliciumscheiben wurden auf einem nach dem Laserprinzip arbeitenden Oberflächeninspektionsgerät des Typs SP1 der Fa. KLA-Tencor hinsichtlich ihrer Defekte auf der epitaxiierten Vorderseite charakterisiert; für die Gesamtzahl der LLS-Defekte gleich oder größer 0,12  $\mu$ m ergab sich im DWN-Kanal ("dark field wide") ein Mittelwert von  $22 \pm 15$ , entsprechend  $(0,03 \pm 0,02)$  LLS/  $\text{cm}^2$ , der Hazewert lag bei  $0,06 \pm 0,03$  ppm.

#### Vergleichsbeispiel 1

- Es wurde so vorgegangen, daß die zweiseitig nach dem in (a) beschriebenen Verfahren polierten Scheiben nach Reinigung und Trocknung eine Rauigkeit von 0,7 nm RMS (AFM, 1  $\mu$ m mal 1  $\mu$ m) aufwiesen. Ohne die in der Erfindung beschriebene Vorbehandlung wurde nach der epitaktischer Beschichtung auf der Vorderseite ein Mittelwert der LLS-Defekte gleich oder größer 0,12  $\mu$ m im DWN-Kanal von  $368 \pm 124$ , entsprechend  $(0,52 \pm 0,18)$  LLS/ $\text{cm}^2$ . Der Hazewert lag bei  $0,09 \pm 0,04$  ppm.

#### Vergleichsbeispiel 2

- Es wurde so vorgegangen, daß die wie im Vergleichsbeispiel 1 beschriebenen doppelseitig polierten Scheiben einer Vorbehandlung im Epitaxireaktor unterzogen wurden, wobei die HCl-Konzentration so hoch war, daß die Ätzrate 2  $\mu$ m / min betrug und

insgesamt  $2\text{ }\mu\text{m}$  von der Siliziumoberfläche abgeätzt wurden. Nach epitaktischer Siliciumabscheidung wurden die folgenden Meßwerte erhalten: Mittelwert LLS-Defektzahl Vorderseite gleich oder größer  $0,12\text{ }\mu\text{m}$  im DWN-Kanal  $150\pm 45$ , entsprechend  $(0,21\pm 0,06)$  LLS/cm<sup>2</sup>. Der Hazewert lag bei  $1,2 \pm 0,4$  ppm.

#### Weitere Charakterisierung der hergestellten Scheiben

Die Vorderseiten, Rückseiten und Kanten der nach dem oben aufgeführten Beispiel und den beiden Vergleichsbeispielen hergestellten 300-mm-Siliciumscheiben wurden mit den üblichen, dem Fachmann bekannten Methoden hinsichtlich Metallkontamination der Scheibenoberfläche und Minoritätsladungsträger-Lebensdauer sowie nanotopologische Eigenschaften charakterisiert. Es wurden keine statistisch relevanten Abweichungen zwischen den einzelnen Versuchsgruppen beobachtet.

## Patentansprüche

1. Halbleiterscheibe mit einer Vorderseite und einer Rückseite, und einer auf der Vorderseite abgeschiedenen epitaktischen Schicht aus halbleitendem Material, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche der epitaktischen Schicht eine maximale Dichte von 0,14 Streulichtzentren pro  $\text{cm}^2$  mit einem Streuquerschnitt von größer oder gleich 0,12  $\mu\text{m}$  aufweist und die Vorderseite der Halbleiterscheibe vor dem Abscheiden der epitaktischen Schicht eine Oberflächenrauigkeit von 0,05 bis 0,29 nm RMS, gemessen durch AFM auf einer  $1\mu\text{m}$  mal  $1\mu\text{m}$  großen Referenzfläche besitzt.
2. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterscheibe mit einer Vorderseite und einer Rückseite und einer auf der Vorderseite abgeschiedenen epitaktischen Schicht aus halbleitendem Material, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren folgende Prozeßschritte umfaßt:
  - (a) als einzigen Polierschritt einen Abtragspolierschritt;
  - (b) Reinigen und Trocknen der Halbleiterscheibe;
  - (c) Vorbehandeln der Vorderseite der Halbleiterscheibe bei einer Temperatur von 950 bis 1250 Grad Celsius in einem Epitaxireaktor; und
  - (d) Abscheiden der epitaktischen Schicht auf der Vorderseite der vorbehandelten Halbleiterscheibe.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß beim Abtragspolieren die Vorder- und die Rückseite der Halbleiterscheibe gleichzeitig poliert werden.
4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß beim Abtragspolieren nur die Vorderseite der Halbleiterscheibe poliert wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß in die Schritt (c) genannte Vorbehandlung direkt vor der epitaktischen Abscheidung im Epitaxireaktor durchgeführt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Halbleiterscheibe in einem ersten Schritt der Vorbehandlung gemäß Schritt (c) in einer Wasserstoffatmosphäre bei einer Temperatur von 950 bis 1250 Grad Celsius behandelt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Halbleiterscheibe in einem zweiten Schritt der Vorbehandlung gemäß Schritt (c) bei einer Temperatur von 950 bis 1250 Grad Celsius in einer Wasserstoffatmosphäre behandelt wird, der gasförmiges HCl beigemischt ist, wobei bei einer Ätzrate von 0.01  $\mu\text{m}/\text{min}$  bis 0.1  $\mu\text{m}/\text{min}$  von 0,01 bis 0,2  $\mu\text{m}$  an Material von der Oberfläche der Halbleiterscheibe abgetragen wird.

15

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die in Schritt (d) abgeschiedene epitaktische Schicht eine Dicke von 0,3  $\mu\text{m}$  bis 10  $\mu\text{m}$  besitzt und bei einer Temperatur von 600 °C bis 1250 °C abgeschieden wird.

20

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die in Schritt (d) abgeschiedene epitaktische Schicht mit einem oxidierenden Gas hydrophiliert wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die in Schritt (d) abgeschiedene epitaktische Schicht naßchemisch hydrophiliert wird.

11. Verwendung einer nach einem der Ansprüche 2 bis 10 hergestellten epitaxierten Halbleiterscheibe zur Herstellung von integrierten Halbleiter-Bauelementen.

30

## Zusammenfassung

Gegenstand der Erfindung ist eine Halbleiterscheibe mit einer Vorderseite und einer Rückseite, und einer auf der Vorderseite  
5 abgeschiedenen epitaktischen Schicht aus halbleitendem Material, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche der epitaktischen Schicht eine maximale Dichte von 0,14 Streulichtzentren pro  $\text{cm}^2$  mit einem Streuquerschnitt von größer oder gleich  $0,12 \mu\text{m}$  aufweist und die Vorderseite der  
10 Halbleiterscheibe vor dem Abscheiden der epitaktischen Schicht eine Oberflächenrauhigkeit von 0,05 bis 0,29 nm RMS, gemessen durch AFM auf einer  $1 \mu\text{m}$  mal  $1 \mu\text{m}$  großen Referenzfläche besitzt.

Gegenstand der Erfindung ist ferner ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterscheibe mit einer Vorderseite und einer  
15 Rückseite und einer auf der Vorderseite abgeschiedenen epitaktischen Schicht aus halbleitendem Material. Das Verfahren umfaßt folgende Prozeßschritte:

- (a) als einzigen Polierschritt einen Abtragspolierschritt;
- 20 (b) Reinigen und Trocknen der Halbleiterscheibe;
- (c) Vorbehandeln der Vorderseite der Halbleiterscheibe bei einer Temperatur von 950 bis 1250 Grad Celsius in einem Epitaxireaktor; und
- (d) Abscheiden der epitaktischen Schicht auf der Vorderseite der vorbehandelten Halbleiterscheibe.